

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 11 150.6

**Anmeldetag:** 14. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** MAHLE GmbH,  
Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Herstellung eines geschmie-  
deten Kolbens für einen Verbrennungsmotor

**IPC:** B 23 P, B 21 K

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. August 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stremme

## **Verfahren zur Herstellung eines geschmiedeten Kolbens für einen Verbrennungsmotor**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines geschmiedeten Kolbens für einen Verbrennungsmotor, mit einer am Kolbenboden vorgesehenen Verbrennungsmulde, bei dem der Kolben aus einem ersten zylindrischen Rohteil mit mindestens einer ebenen Stirnfläche aus oxidationsbeständigem Stahl und einem zweiten zylindrischen Rohteil mit mindestens einer ebenen Stirnfläche aus warm-schmiedbarem Stahl mit jeweils gleichen Durchmessern derart gebildet wird, dass beide Rohteile durch Schmieden zu einem Kolbenrohling geformt und anschließend durch maschinelles Bearbeiten zu einem in den Verbrennungsmotor einbaufertigen Kolben bearbeitet wird.

Zur Leistungssteigerung moderner Verbrennungsmotoren, insbesondere Dieselmotoren, werden die Kompressionsdrücke und damit die Temperaturen im Brennraum stetig erhöht. Die Folge dieser Maßnahme ist, dass nach einem Motorlauf in Abhängigkeit von der erreichten Betriebstemperatur an den mit einer Verbrennungsmulde versehenen Stahlkolben oder aus Stahl bestehenden Kolbenböden Verzunderung feststellbar ist, die insbesondere am Muldenrand auftritt. Diese Verzunderung kann zur Anrissbildung und damit zum Ausfall des Bauteils führen. Kritisch sind ebenso die Materialabtragungen am Kolbenboden entlang der Kraftstoff-Einspritzstrahlen, die einen Schutz gegen den Verschleiß durch Erosion erforderlich machen. Bekannte Lösungen zur Verbesserung dieser Situation sind beispielsweise das Beschichten des fertigen Kolbens im Muldenrandbereich mit einer zunderbeständigen Schicht mittels Plasmaspritzen oder das Auftragschweißen von zunderbeständigeren Werkstoffen am vorbereiteten Kolben.

Aus der Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen PCT/DE02/02768 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Kolbens oder Kolbenbodens für einen Verbrennungsmotor bekannt, welches das vorgenannte Problem dadurch löst, dass in die Stirnfläche eines aus Stahl bestehenden Rohteils eine ringförmige Ausnehmung eingearbeitet

wird, die anschließend mittels eines zunderbeständigen Materials durch Schweißen aufgefüllt, nachfolgend das Rohteil zum Kolben geschmiedet und danach zum einbaufertigen Kolben bearbeitet wird. Durch das Schmieden bzw. Umformen wird erreicht, dass das zunderbeständige Material am Muldenrand der Verbrennungsmulde des Kolbens zu liegen kommt. Nachteilig ist jedoch die relativ große Anzahl von Verfahrensschritten, durch welche die Herstellung eines derartigen Kolbens verteuert und uneffektiv gemacht wird.

Eine in Bezug zur vorgenannten Patentanmeldung andere Lösung zeigt die WO 02/06658 A1 auf, indem ein zylinderförmiges Rohteil aus Chromstahl, also einem zunder- und oxidationsfesten Stahl, mit einem zweiten zylinderförmigen aus konventionellen Stahl (SE 4140) bestehenden Rohteil durch Reibschweißen verbunden und anschließend mittels Heißschmieden zu einem Kolben geformt wird, der nachfolgend noch einer Endbearbeitung zu unterziehen ist. Nachteilig an diesem Verfahren ist, dass die beiden Rohteile flächenhaft, d.h. mit ihren Stirnseiten fest zu verbinden sind. Das Herstellungsverfahren erfordert somit einen aufwendigen Vorbearbeitungsschritt zur Herstellung eines Kolben. Durch das Reibschweißen entsteht außerdem umfangsseitig Schweißgrad in einem nicht unbeträchtlichen Maß, der vor dem Schmieden bzw. Umformen durch Überdrehen oder Abschleifen entfernt werden muss, da einerseits der so gefügte Rohling nicht in die Schmiedeform einzulegen ist und andererseits das Schweißgradmaterial eine einwandfreie Umformung mit einer entstehenden guten metallischen Verbindung nicht zulässt.

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein gegenüber dem Stand der Technik vereinfachtes und kostengünstiges Herstellungsverfahren für einen Kolben mit verringerter Verzunderungsneigung am Muldenrand und verbesserten Schutz gegen Verschleiß durch Erosion anzugeben.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst.

Durch das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren ist die vollflächige Verschweißung der zylindrischen Stahlrohnteile an seinen Stirnflächen nicht mehr notwendig und der sonst übliche spanabhebende Bearbeitungsgang zur Entfernung des

Schweißgrades infolge des üblich verwendeten Reibschweißverfahrens wird überflüssig. Das Verfahren zur Herstellung eines Kolbens wird durch eine jetzt freie Wahl des anwendbaren Schweißverfahrens effektiver und durch die Einsparung eines Bearbeitungsschritts ökonomischer in seiner Durchführung.

Durch das Verschließen nur der Trennfuge, die durch das Aneinanderlegen der Stirnflächen beider Rohteile entsteht, mittels Schweißen von außen über den gesamten Umfang hat sich nämlich überraschenderweise gezeigt, das sich dadurch ebenso wie bei einer vollflächigen Verschweißung eine lunkerfreie sowie schlackenfreie metallische Bindung nach dem Schmieden am Kolbenrohling einstellt.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.



Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigt die

- Fig. 1 schematisch den Ablauf des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens in den Schritten A bis D, und
- Fig. 2 schematisch eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens im Schritt A

In der Fig. 1 gemäß Verfahrensschritt A) weist ein mit 1 bezeichnetes zylindrisches Rohteil aus oxidationsbeständigem Stahl eine zu seiner Längsachse 9 rechtwinklig ausgebildete plane Stirnfläche 3 auf, die beispielsweise durch einen Dreharbeitsgang hergestellt wird. Das Rohteil 1 besteht bevorzugt aus einem Werkstoff, der eine verbesserte Oxidationsbeständigkeit bei Temperaturen oberhalb 500°C aufweist, wie beispielsweise der Stahl X45CrSi9 oder andere geeignete Stähle oder besteht aus Werkstoffen auf Nickel-, Kobalt- oder Titan-Basis. Ein weiteres mit 2 bezeichnetes zylindrisches Rohteil aus warmschmiedbarem Stahl, das bevorzugt aus einem Werkstoff 42CrMo4 oder 38MnSiVS5 besteht, weist eine ebenfalls zur Längsachse 9 rechtwinklig ausgebildete plane Stirnfläche 4 auf. Beide Rohteile besitzen jeweils annähernd den gleichen Durchmesser d. Grundsätzlich kann über die Höhe  $h_1$  des Rohteils 1 bestimmt werden, welche Kolbenbereiche des Kolbens 10, wie der Mul-

denrandbereich 6a, die komplette Verbrennungsmulde 6 oder auch Teile der Ringpartie 7 aus oxidationsbeständigem Material bestehen sollen.

In einem weiteren Verfahrensschritt (nicht dargestellt) können die beiden Rohteile einem Reinigungs- und Entfettungsprozess mit an sich bekannten Mittel unterworfen werden, um fett-, staub- und zunderfreie Fügflächen, also insbesondere Stirnflächen 3 und 4, zu erreichen. Im Allgemeinen ist durch die spanabhebende Bearbeitung zur Erzeugung der Füge- bzw. Stirnflächen eine ausreichende Sauberkeitsqualität gegeben.

Im Verfahrensschritt B) werden die Rohteile 1 und 2 an ihren planen Stirnflächen 3 und 4 durch geeignete Haltemittel (nicht dargestellt) zusammengeführt und in Bezug zu Ihren Durchmessern  $d$  ausgerichtet, sodass die Stirnflächen 3 und 4 zueinander einen minimalen Überstand und eine minimal beabstandete Trennfuge 7 bilden. Mittels eines Schweißverfahrens, beispielsweise Lichtbogenschweißen, Laserschweißen oder Elektronenstrahlschweißen, oder anderer bekannter Verbindungsverfahren erfolgt das Verschließen der Trennfuge 12 komplett über den Umfang der Rohteile. Zur Vermeidung von Gefügespannungen können die Rohteile 1 und 2 vor dem Schweißen erwärmt werden, welche für eine erfolgreiche Verfahrensdurchführung jedoch nicht zwingend erforderlich ist.

Durch an sich bekannte Schmiedeverfahren wird die Umformung der miteinander an ihren Umfang verschweißten Rohteile 1 und 2 zu einem Kolbenrohling 5 realisiert, wie im Verfahrensschritt C) der Fig. 1 dargestellt. Dazu werden die an ihren umfangsseitig verschweißten Rohteile 1 und 2 beispielsweise einer induktiven Erwärmung unterworfen, wobei die Teile eine Temperatur von 1100°C bis 1300°C erreichen. Die induktive Erwärmung sichert ein schnelles Aufheizen der fixierten Rohteile und beugt damit einer Verzunderung der Stirnflächen in der Trennfuge vor. Das Umformen durch Schmieden zu einem Kolbenrohling 5 erfolgt im noch erwärmten Zustand unmittelbar anschließend.

Durch das Schmieden erfolgt das eigentliche „Verschweißen“ der Rohteile 1 und 2 durch die Ausbildung einer Gefügeverbindung, wobei das oxidationsbeständige Material, also das Rohteil 1, derart verformt wird, dass es im Bereich des entstehen-

den Muldenrandes 6a bzw. der gesamten Verbrennungsmulde 6 zu liegen kommt. Auch ein lokales Fließen des Materials infolge des Schmiedens in den Bereich der Ringpartie 7 hinein ist nicht auszuschließen. Bei einer anschließenden Abkühlung aus der Schmiedehitze wird die Temperatur so geführt, dass beide Stahlwerkstoffe im gewünschten Wärmebehandlungszustand vorliegen.

Anschließend erfolgt durch eine spanabhebende Bearbeitung die Fertigstellung des Kolbenrohlings zu einem in einen Verbrennungsmotor einsetzbaren Kolben 10 mit gewünschter Verbrennungsmulde 6, Ringpartie 7, Bolzennabe 8, etc.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß Verfahrensschritt A) nach Fig. 2 ist das Rohteil 1 als ein ringförmiges Teil ausgeführt dessen Füg- bzw. Stirnfläche 3 konisch oder planparallel zur Längsachse 9 des Rohteils ausgeführt ist und auf die ebenfalls konisch oder planparallele ausgeführte Stirnfläche 4 des Rohteils 2 derart zu liegen kommt, sodass die Füg- bzw. Stirnflächen 3 und 4 zueinander einen minimalen Überstand und eine minimal beabstandete Trennfuge 12 bilden. Je nach dem inneren Durchmesser  $d_1$  und der Höhe  $h_1$  des ringförmig ausgebildeten Rohteils 1 wird bestimmt, ob der komplette Muldenrand 6a, nur der obere zum Brennraum hinreichende Teil des Muldenrands oder auch zusätzlich noch ein Teil der Ringpartie 7 aus dem oxidationsbeständigen Material besteht.

Überraschender Weise hat sich gezeigt, dass keine Unterschiede nach dem Schmiedevorgang gemäß Verfahrensschritt C) im Gefügebild nachweisbar sind, ob die umlaufende Schweißnaht 11 umfangsseitig und/oder an der Deckfläche 13 der Rohteile 1 und 2 zum Verschließen der Trennfuge angeordnet ist. Erforderlich ist lediglich ein einziges Verschließen der Trennfuge, also entweder umfangsseitig oder deckflächenseitig, wobei die nachfolgenden Verfahrensschritte analog dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt werden.

Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren auch mit geschmiedeten Rohteilen 1 und 2 durchführbar ist.

## Bezugszeichen

Zylindrisches Rohteil aus oxidationsbeständigem Stahl	1
Zylindrisches Rohteil aus warmschmiedbarem Stahl	2
Plane Stirnfläche des Rohteils 1	3
Plane Stirnfläche des Rohteils 2	4
Kolbenrohling	5
Verbrennungsmulde	6
Muldenrand	6a
Ringpartie	7
Bolzennabe	8
Längsachse der Rohteile 1, 2	9
Kolben	10
Schweißnaht	11
Trennfuge	12
Deckfläche	13
Durchmesser der Rohteile 1, 2	d
Durchmesser des Rohteils 1 in einer zweiten Ausführungsform	d <sub>1</sub>
Höhe der Rohteile	h <sub>1,2</sub>

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines geschmiedeten Kolbens (10) für einen Verbrennungsmotor, mit einer am Kolbenboden vorgesehenen Verbrennungsmulde (6), bei dem der Kolben (10) aus einem ersten zylindrischen Rohteil (1) mit mindestens einer ebenen Stirnfläche (3) aus oxidationsbeständigem Stahl und einem zweiten zylindrischen Rohteil (2) mit mindestens einer ebenen Stirnfläche (4) aus warm Schmiedbarem Stahl mit jeweils gleichen Durchmessern (d) derart gebildet wird, dass beide Rohteile durch Schmieden zu einem Kolbenrohling (5) geformt werden, wodurch zumindest die Verbrennungsmulde aus oxidationsbeständigem Stahl gebildet ist, und anschließend der Kolbenrohling (5) durch maschinelles Bearbeiten zu einem in den Verbrennungsmotor einbaufertigen Kolben bearbeitet wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

- dass die Rohteile (1, 2) an ihren Stirnflächen (3, 4) zusammengeführt und in Bezug zu Ihren Durchmessern ausgerichtet werden, sodass die Stirnflächen (3, 4) zueinander einen minimalen Überstand und Trennfuge (7) bilden,
- und dass nachfolgend die Trennfuge (7) von außen durch Erzeugen einer umfangsseitig umlaufenden Schweißnaht (11) komplett verschlossen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verschließen der Trennfuge mittels Schweißen bei Raumtemperatur oder im erwärmten Zustand der Rohteile (1, 2) erfolgen kann.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Schmieden die zusammengeschweißten Rohteile (1, 2) bis auf eine Temperatur von 1100°C bis 1300°C erwärmt werden, wobei nachfolgend im erwärmten Zustand die Rohteile zu einem Kolbenrohling geschmiedet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erwärmung induktiv erfolgt.



5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Schweißverfahren bevorzugt Lichtbogenschweißverfahren, Laserschweißen und Elektronenstrahlschweißen verwendet werden.

## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines geschmiedeten Kolbens (10) für einen Verbrennungsmotor, mit einer am Kolbenboden vorgesehenen Verbrennungsmulde (6), bei dem der Kolben (10) aus einem ersten zylindrischen Rohteil (1) mit mindestens einer ebenen Stirnfläche (3) aus oxidationsbeständigem Stahl und einem zweiten zylindrischen Rohteil (2) mit mindestens einer ebenen Stirnfläche (4) aus warmeschmiedbarem Stahl mit jeweils gleichen Durchmessern (d) derart gebildet wird, dass beide Rohteile durch Schmieden zu einem Kolbenrohling (5) geformt werden, wodurch zumindest die Verbrennungsmulde aus oxidationsbeständigem Stahl gebildet ist, und anschließend der Kolbenrohling (5) durch maschinelles Bearbeiten zu einem in den Verbrennungsmotor einbaufertigen Kolben bearbeitet wird. Eine gegenüber dem Stand der Technik vereinfachte und kostengünstigere Herstellung eines Kolbens mit verringerter Verzunderungsneigung am Muldenrand und verbesserten Schutz gegen Verschleiß durch Erosion soll dadurch erreicht werden, indem die Rohteile (1, 2) an ihren Stirnflächen (3, 4) zusammengeführt und in Bezug zu ihren Durchmessern ausgerichtet werden, sodass die Stirnflächen (3, 4) zueinander einen minimalen Überstand und Trennfuge (7) bilden und dass nachfolgend die Trennfuge (7) von außen durch Erzeugen einer umfangsseitig umlaufenden Schweißnaht (11) komplett verschlossen wird.

Fig. 1 soll veröffentlicht werden.

1/2

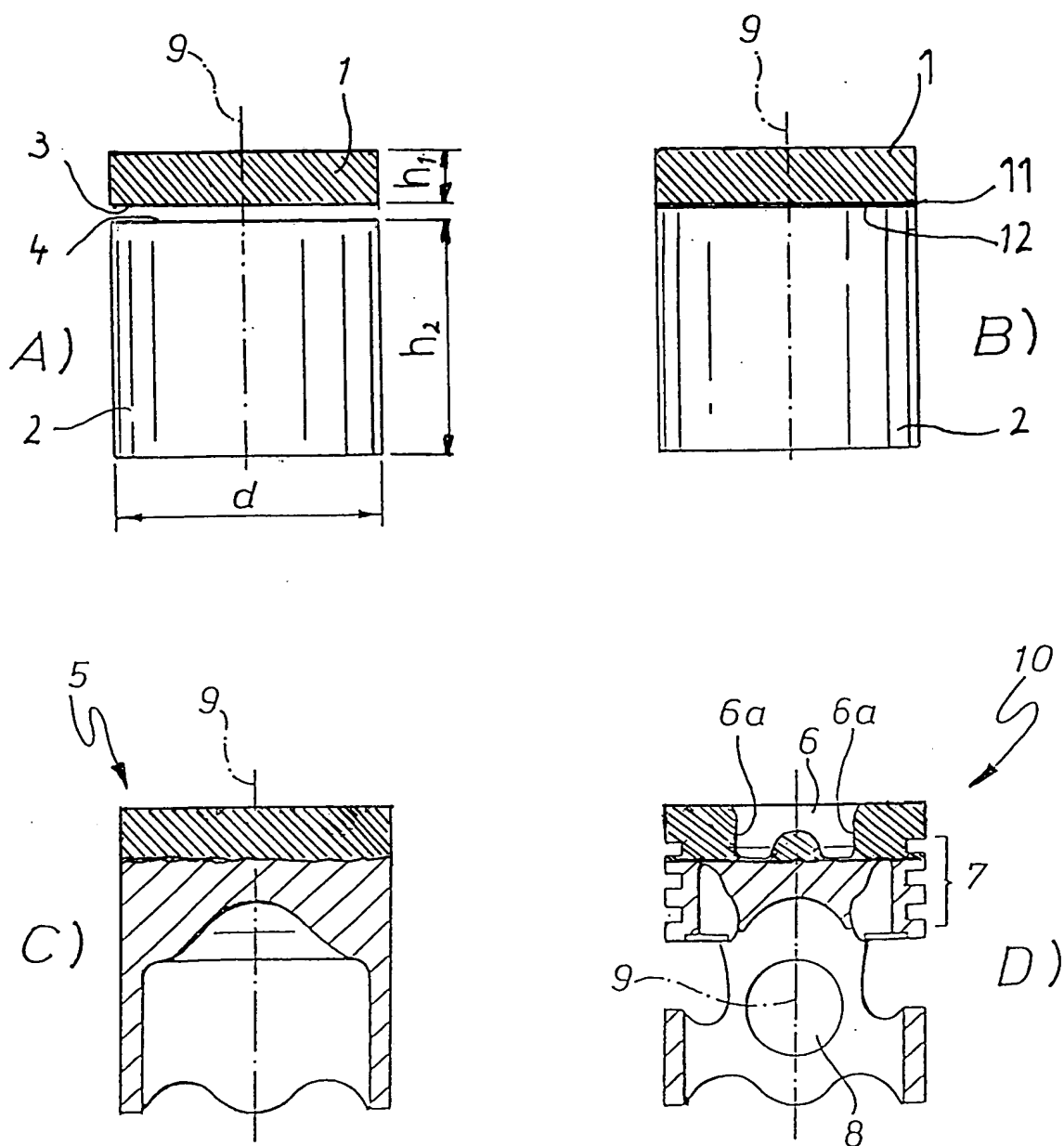


Fig. 1

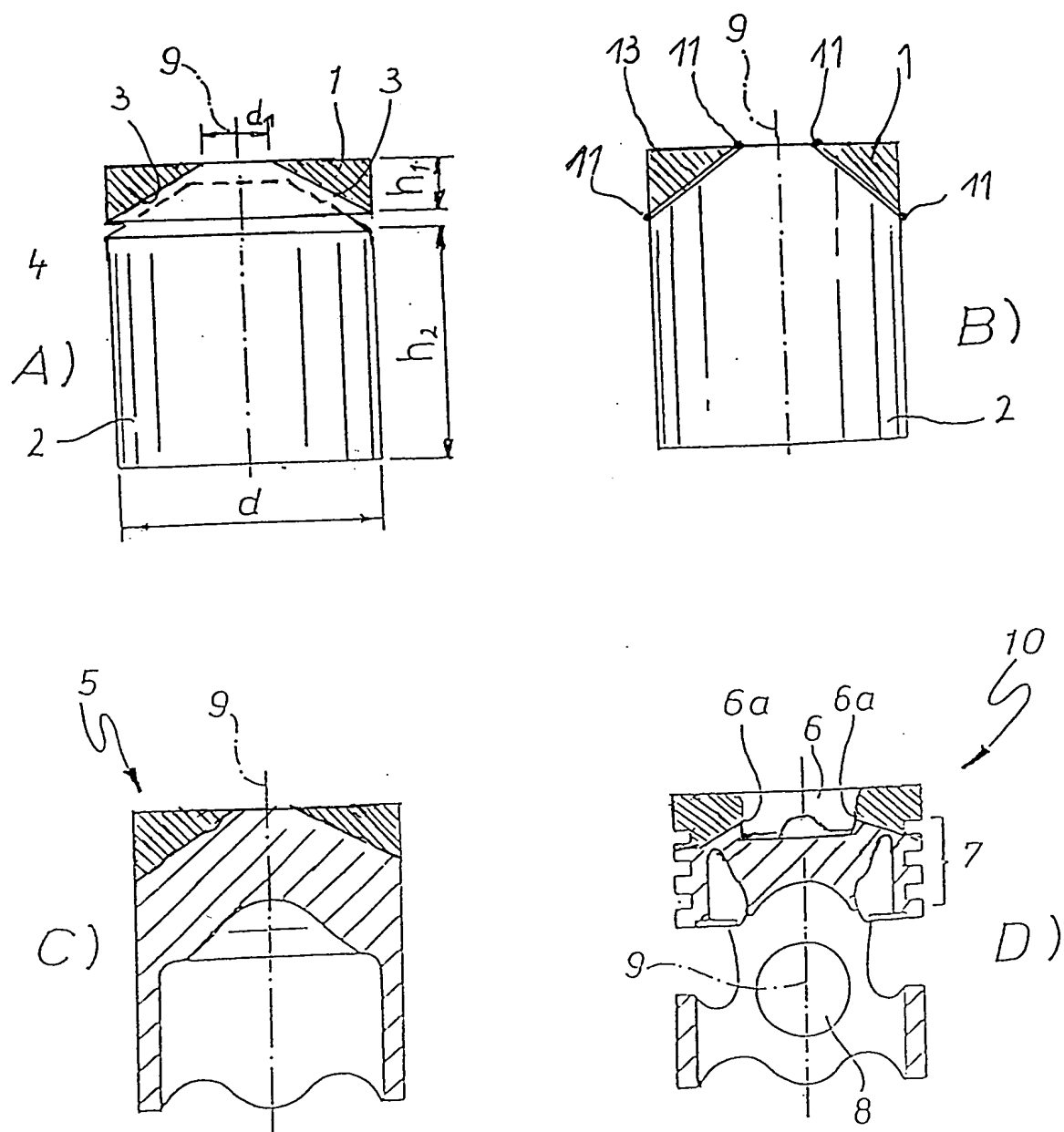


Fig. 2